



## Analyse des données satellitaires de l'instrument IASI/MetOp-A : quelles possibilités pour la surveillance de la qualité de l'air en Europe ?

Maxim Eremenko, David Weissenbach, Gaëlle Dufour, Gilles Foret, Matthias  
Beekmann

### ► To cite this version:

Maxim Eremenko, David Weissenbach, Gaëlle Dufour, Gilles Foret, Matthias Beekmann. Analyse des données satellitaires de l'instrument IASI/MetOp-A : quelles possibilités pour la surveillance de la qualité de l'air en Europe ?. Rencontres Scientifiques France Grilles 2011, Sep 2011, Lyon, France. hal-00658722

**HAL Id: hal-00658722**

**<https://hal.science/hal-00658722>**

Submitted on 11 Jan 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **Analyse des données satellitaires de l'instrument IASI/MetOp-A : quelles possibilités pour la surveillance de la qualité de l'air en Europe ?**

*Maxim Eremenko(1), David Weissenbach (2), Gaëlle Dufour(3), Gilles Forêt (4), Matthias Beekmann (5)*

*(1) maxim.eremenko@lisa.u-pec.fr, Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques, LISA/IPSL, Université Paris Est et Paris Diderot, CNRS/INSU UMR 7583, Créteil, France*

*(2) david.weissenbach@upmc.fr, Institut de physique du globe de Paris, (CNRS / INSU / IDG), Paris, France*

*(3) gaelle.dufour@lisa.u-pec.fr, Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques, LISA/IPSL, Université Paris Est et Paris Diderot, CNRS/INSU UMR 7583, Créteil, France*

*(4) gilles.foret@lisa.u-pec.fr, Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques, LISA/IPSL, Université Paris Est et Paris Diderot, CNRS/INSU UMR 7583, Créteil, France*

*(5) matthias.beekmann@lisa.u-pec.fr, Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques, LISA/IPSL, Université Paris Est et Paris Diderot, CNRS/INSU UMR 7583, Créteil, France*

## **Overview:**

Monitoring of air quality and its transport at the continental scale, as well as the development of efficient forecast systems for air quality is one of the issues included in the GMES (Global Monitoring for Environment and Security) European Programme for the establishment of a European capacity for Earth Observation. The availability of satellite instruments like IASI aboard MetOp-A which have the ability to monitor tropospheric ozone in the lower troposphere, is a step forward for this system. Actually the method we developed to retrieve ozone allow extracting the maximum of information about lower tropospheric ozone contained in the signal and has been used to study pollution events in Europe and in China. We used the grid calculation to analyze systematically the IASI observations over Europe during summer. Three years of observations have been treated and allowed the scientific exploitation of the data. The main focus of our study is the synergic use of satellite observations with air quality models in order to better understand, represent and forecast air quality in Europe.

## **Enjeux scientifiques, besoin de la grille :**

Bien que la pollution de l'air soit le fait d'émissions localisées et se développe à l'échelle locale la plupart du temps urbaine, des processus comme le transport, les échanges verticaux, l'interaction avec des sources d'émissions naturelles moins localisées renforçant la production de polluants, etc. induisent un impact jusqu'à une échelle continentale voire hémisphérique. Il est donc nécessaire d'être capable de surveiller et quantifier la qualité de l'air, en particulier l'ozone, à grande échelle. Dans le cadre du programme européen GMES (Global Monitoring for Environment and Security), des systèmes de surveillance et prévision de la qualité de l'air couplant modèles et observations se mettent en place. Concernant les observations, les réseaux de mesure de surface actuels ne permettent pas une couverture optimale de l'Europe. Par ailleurs, ces observations ne permettent pas de documenter les échanges verticaux et la représentativité des mesures n'est pas toujours en adéquation avec celle des modèles. Les observations satellitaires permettent de palier en partie à ces limitations en apportant une information sur la verticale, une couverture spatiale homogène (en l'absence de nuages) et une résolution horizontale en accord avec la résolution des modèles. Cependant, la mesure de l'ozone troposphérique par satellite reste difficile et bien entendu moins précise que les mesures in-situ. Le développement des observations satellitaires dans l'infrarouge thermique et de méthodes d'analyse performantes (Eremenko et al., 2008) ces dernières années a permis une avancée en particulier avec l'instrument IASI sur le satellite MetOp-A (Clerboux et al., 2009). Plusieurs études ont

montrées l'intérêt de telles données pour la détection et le suivi d'évènements de pollution à l'ozone (Eremenko et al., 2008, Dufour et al., 2010) ainsi que pour l'évaluation et l'assimilation dans les modèles (Zyryanov et al., 2011, Coman et al., 2011). L'analyse des observations satellitaires nécessite le traitement d'un nombre très important d'information indépendante : plusieurs dizaine de milliers de pixels par jour sont à traiter rien que sur l'Europe par exemple. Ceci nécessite la mise en œuvre de moyens de calculs intensifs. Comme nous l'expliquerons plus loin, les calculs de grille sont particulièrement bien adaptés pour ce problème.

### **Outils, développements et déploiement sur la grille :**

L'analyse des observations satellitaires consiste à extraire du signal mesuré (la radiance) l'information concernant la distribution verticale de la molécule cible, ici l'ozone. Il s'agit de l'inversion des mesures. Pour cela, nous utilisons le code de transfert radiatif KOPRA et son module d'inversion KOPRAFIT [http://www-imk.fzk.de/asf/ame/publications/kopra\\_docu/](http://www-imk.fzk.de/asf/ame/publications/kopra_docu/)

- *Code de transfert radiatif KOPRA*

Le code de transfert radiatif KOPRA a été développé par l'IMK (Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruhe, Allemagne). Il permet de résoudre l'équation du transfert radiatif dans le domaine spectral de l'infrarouge pour des instruments de type spectromètres et ainsi de calculer la radiance vue par ce type d'instrument pour différentes géométries d'observation (limbe, nadir). Pour le calcul du transfert radiatif, l'atmosphère est découpée en couches concentriques (100m d'épaisseur) dites homogènes, c'est-à-dire dans lesquels température, pression et concentration de chaque espèce moléculaire présente dans la couche sont considérées constantes. Le processus d'interaction matière-rayonnement (absorption, émission etc) sont résolus et la radiance à la sortie de la couche considérée calculée en fonction du trajet optique dans la couche. Par une procédure itérative, la radiance au niveau de l'observateur (le satellite) est ainsi calculée et convoluée par les caractéristiques instrumentales

- *Code d'inversion KOPRAFIT*

Le code d'inversion KOPRAFIT permet, via la minimisation de la norme entre la radiance observée et la radiance calculée (par KOPRA) de restituer la concentration de l'espèce cible en fonction de l'altitude. Le problème étant non linéaire, une procédure itérative est nécessaire pour atteindre une convergence raisonnable.

Le traitement d'une mesure satellitaire (un spectre de radiance) est une tâche de très courte durée (environ 1min). En revanche, la couverture spatiale et la rapidité de la mesure conduisent à des flux importants des données. Pour donner un ordre de grandeur, pour le traitement des observations IASI sur l'Europe environ 15000 pixels sont à traiter pour chaque passage (matin ou soir). Les tâches d'analyse étant courtes et indépendantes font de ce type de traitement une application particulièrement bien adaptée à la grille car elles peuvent être exécutées en parallèle et sans synchronisation.

Pour le déploiement de l'analyse sur EGI, les codes KOPRA et KOPRAFIT ont été adaptés pour permettre une compilation statique pouvant s'exécuter sur tous les types de machines de la grille. Un moteur de gestion des jobs sur la grille GEPS (Generic engine for parametric studies) a été développé et permet de gérer l'envoi, les calculs sur la grille de nos applications et la récupération des résultats sur une machine locale pour leur utilisation géophysique ultérieure.

Le GEPS est basé sur les technologies disponibles sur la grille et sur les applications existantes. La référence sur un exemple de telles applications peut être trouvé sur le site de '4th EGEE User Forum' :

<http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?sessionId=22&contribId=1&confId=40435>

La VO utilisée est ESR (Earth Science Research). Les tâches d'analyse ont été groupées par 200 pour optimiser le temps d'envoi des entrées et de récupération des résultats. Tout le système de calcul a permis de traiter autour de 3,5 millions des mesures satellitaires en 4 mois.

### **Résultats scientifiques :**

L'instrument IASI est embarqué sur le satellite européen MetOp-A qui offre deux passages par jour au-dessus de l'Europe : un le matin 9H30, heure locale et le soir 21h30 heure locale. L'instrument fournit opérationnellement des données depuis juin 2007. Notre objectif étant la qualité de l'air nous analysons de manière systématique les données pendant les mois d'été, juin, juillet et août pendant lesquels les événements de pollution sont susceptibles de se développer. Les observations traitées avec la grille correspondent pour ces mois-là aux passages du soir de 2007 à 2009 et partiellement aux passages du matin de 2008 et 2009. La figure 1 représente les colonnes partielles (0-6km) d'ozone issues de l'analyse pour les passages du matin pour les mois de juillet 2007 à 2009. Une première étape dans l'analyse du produit est de caractériser la mesure (évaluation de la qualité de l'analyse de chaque pixel, quantification de sa sensibilité, de son contenu en information, de l'erreur sur la mesure), de quantifier les différences entre les observations du matin et du soir (les performances du produit dépendent des conditions de température qui varie au cours de la journée) et de vérifier la stabilité du produit d'une année à l'autre (Galkina et al., en préparation). Par ailleurs, l'objectif étant à terme de coupler observations et modélisation, nous avons également mené des comparaisons entre les observations et des modèles de chimie-transport régionaux pour la qualité de l'air. Les observations IASI ont été utilisées en complément des observations in-situ aéroportés afin d'évaluer les performances des modèles à reproduire l'ozone dans la basse troposphère (0-6km) sur l'été 2008. Cette étude montre les modèles ont tendance à sous-estimer l'ozone en particulier dans le nord et le sud-ouest de l'Europe (Zyryanov et al., 2011). L'information verticale sur une grande échelle apportée par l'observation satellitaire a également permis d'évaluer la capacité des modèles à correctement reproduire les cas d'intrusions d'ozone stratosphérique qui peuvent influencer les concentrations d'ozone jusqu'à la surface (Zyryanov et al., 2011).

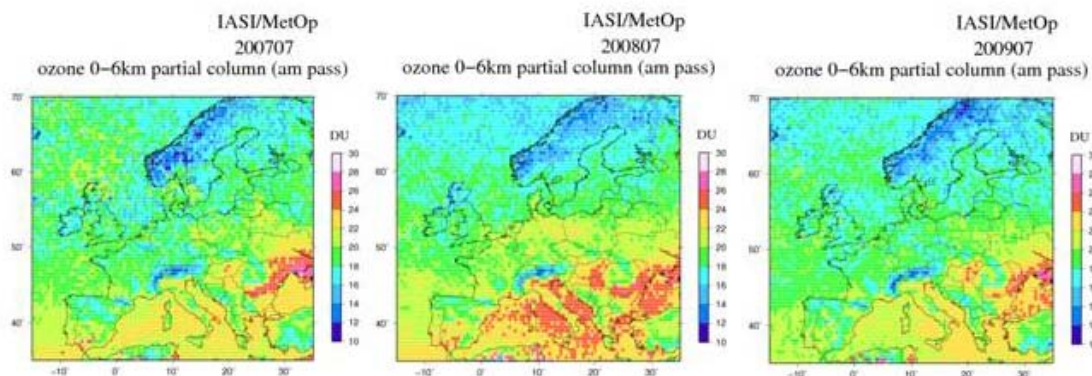


Fig 1. Colonnes partielles d'ozone (basse troposphère entre 0 et 6 km) mensuelles issues de l'analyse des passages IASI du matin pour les mois de juillet 2007 à 2009.

### Perspectives :

Maintenant que nous disposons de plusieurs années d'observations de l'ozone troposphérique au-dessus de l'Europe pendant la période estivale, plusieurs axes de recherche sont en cours de développement : (1) évaluation systématique du modèle régional de chimie-transport CHIMERE avec les observations IASI afin d'identifier les différences et d'en comprendre les raisons ; (2) assimilation de manière systématique des données IASI dans le modèle CHIMERE afin d'améliorer l'analyse et la prévision de la qualité de l'air en Europe ; (3) une étude particulière a débuté sur le bassin méditerranéen. Cette région est une des régions du globe les sensibles à la pollution photo-oxydante et sa réponse au changement climatique, augmentant les conditions propices au développement de l'ozone, et les interactions climat-pollution restent à étudier. Nous utiliserons les observations IASI conjointement aux simulations du modèle CHIMERE afin de comprendre les processus responsables de l'accumulation de fortes concentrations d'ozone sur l'est du bassin pendant l'été, d'évaluer et quantifier la variabilité et les tendances d'ozone dans cette région.

### Références :

- Clerbaux, C., Boynard, A., Clarisse, L., George, M., Hadji-Lazaro, J., Herbin, H., Hurtmans, D., Pommier, M., Razavi, A., Turquety, S., Wespes, C., and Coheur, P.-F.: Monitoring of atmospheric composition using the thermal infrared IASI/MetOp sounder, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 6041-6054, 2009.
- Coman, A., Foret, G., Beekmann, M., Eremenko, M., Dufour, G., Gaubert, B., Ung, A., Schmechtig, C., Flaud, J.-M., and Bergametti, G.: Assimilation of IASI partial tropospheric columns with an Ensemble Kalman Filter over Europe, soumis à *Atmos. Chem. Phys.*, 2011.
- Dufour, G., Eremenko, M., Orphal, J., and Flaud, J.-M.: IASI observations of seasonal and day-to-day variations of tropospheric ozone over three highly populated areas of China: Beijing, Shanghai, and Hong Kong, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 3787-3801, 2010.
- Eremenko, M., Dufour, G., Foret, G., Keim, C., Orphal, J., Beekmann, M., Bergametti, G., and Flaud, J.-M.: Tropospheric ozone distributions over Europe during the heat wave in July 2007 observed from infrared nadir spectra recorded by IASI, *Geophys. Res. Lett.*, 35, doi:10.1029/2008GL034803, 2008.
- Galkina, I., Eremenko, M., and Dufour, G.: Characterization of the performances of the IASI tropospheric ozone products produced at LISA: evaluation of the differences between day and night measurements, en préparation pour JQSRT.
- Zyryanov, D., Forêt, G., Eremenko, M., Beekmann, M., et al., 3D evaluation of free

tropospheric ozone simulations by an ensemble of regional Chemistry Transport model, soumis à Atmos. Chem. Phys., 2011.